



VAQTLI QATORLARNI MURAKKAB IQTISODIY-MATEMATIK USULLAR BILAN TAHLIL QILISH

Dotsent **Raximov Nuriddin Raxmonovich**

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti

ORCID: 0009-0003-2869-0269

n.raximov1963@gmail.com

Qutbiddin A'zamzoda

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti

ORCID: 0000-0002-5832-6869

q.a'zamzoda1967@gmail.com

Bozorov Asqar Xaitmurodovich

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti

ORCID: 0009-0005-1534-8258

asqarbozorov1990@gmail.com

Murodov Sardor Nurali o'g'li

University of Business and Science

ORCID: 0009-0001-1938-5567

8898sardormurodov@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada vaqtli qatorlarning chiziqsiz trendlarini aniqlash, matematik modellash, regressiya usullari bilan trend tenglamalarini topish va bashoratlash kabi bosqichlar yoritilgan. Ayniqsa, iqtisodiy jarayonlarning murakkab dinamikasi hisobga olingan holda, eksponensial, logarifmik va polinomial modellarning ustun jihatlari tahlil qilingan. Amaliy misollar orqali bashorat natijalarining aniqligi va xatolik mezonlari ko'rib chiqilgan.

Kalit so'zlar: vaqtli qatorlar, iqtisodiy jarayonlar, trend, matematik modellash, regressiya.

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СЛОЖНЫМИ ЭКОНОМИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Рахимов Нуриддин Рахмонович

Ташкентский государственный экономический университет

Аъзамзода Кутбиддин

Ташкентский государственный экономический университет

Бозоров Аскар Хаитмurodovich

Ташкентский государственный экономический университет

Мurodov Сардор Нурали угли

UNIVERSITY OF BUSINESS AND SCIENCE

Аннотация. В данной статье рассматриваются такие этапы, как определение нелинейных трендов временных рядов, математическое моделирование, нахождение и прогнозирование уравнений тренда с помощью методов регрессии. В частности, с учетом сложной динамики экономических процессов проанализированы преимущества экспоненциальных, логарифмических и полиномиальных моделей. На практических примерах рассмотрены критерии точности и погрешности результатов прогнозирования.

Ключевые слова: временные ряды, экономические процессы, тренд, математическое моделирование, регрессия.

ANALYSIS OF TIME SERIES BY COMPLEX ECONOMIC-MATHEMATICAL METHODS

Raximov Nuriddin Raxmonovich
Tashkent State University of Economics
Azamzoda Kutbiddin
Tashkent State University of Economics
Bozorov Askar Xaitmurodovich
Tashkent State University of Economics
Murodov Sardor Nurali ugli
UNIVERSITY OF BUSINESS AND SCIENCE

Abstract. This article covers stages such as determining nonlinear trends of time series, mathematical modeling, finding trend equations using regression methods, and forecasting. In particular, taking into account the complex dynamics of economic processes, the advantages of exponential, logarithmic, and polynomial models were analyzed. The accuracy and error criteria of the forecast results are considered using practical examples.

Keywords: time series, economic processes, trend, mathematical modeling, regression.

Kirish.

Zamonaviy iqtisodiy tahlillarda vaqtli qatorlar muhim vosita hisoblanadi. Aksar iqtisodiy ko'rsatkichlar vaqt o'tishi bilan qanday o'zgarishini kuzatish va tahlil qilish uchun vaqtli qatorlar tahlili qo'llaniladi. Bu tahlillar orqali tendensiyalar aniqlanib, kelajakdagi bashoratlar tuziladi. Aksariyat holatlarda bu trendlar chiziqli bo'lmasligi sababli murakkab iqtisodiy-matematik usullardan foydalanish zarur bo'ladi.

Vaqtli qatorlar tahlili zamonaviy iqtisodiyotda muhim o'rin tutadi, chunki iqtisodiy ko'rsatkichlarning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi tendensiyalarni aniqlash, bashoratlar tuzish va iqtisodiy jarayonlarni tushunish uchun asosiy vosita hisoblanadi. Global iqtisodiyotning murakkablashuvi, moliyaviy bozorlarning o'zgaruvchanligi va makroiqtisodiy ko'rsatkichlarning chiziqli bo'lmagan xususiyatlari vaqtli qatorlar tahlilining dolzarbligini yanada oshiradi. Ushbu tahlil iqtisodiy siyosat ishlab chiqish, moliyaviy risklarni boshqarish va strategik rejalashtirishda muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy texnologiyalar, xususan, mashinaviy o'qitish va katta ma'lumotlar (big data) tahlili usullarining rivojlanishi vaqtli qatorlar tahlilida yangi imkoniyatlar ochmoqda, bu esa ushbu sohaning dolzarbligini yanada ta'kidlaydi.

Vaqtli qatorlarning trendi har doim chiziqli bo'lavermaydi. Ko'pgina iqtisodiy jarayonlar nolinchiziqli trendlar, ya'ni eksponensial, logarifmik, polinomial yoki boshqa shakllarda bo'lishi mumkin bularga quydagilar misol bo'la oladi.

Vaqtli qatorlar tahlilining iqtisodiyotda qo'llanilishi, ayniqsa, chiziqli bo'lmagan dinamikani tahlil qilish va bashorat qilishda muhimligini ko'rsatadi. Tursunov (2017) va To'xtasinov (2020) kabi mahalliy mualliflarning ishlari O'zbekiston iqtisodiyoti sharoitida ushbu usullarni qo'llashning amaliy jihatlarini yoritadi, global miqyosda esa Box-Jenkins, Gujarati (2009), Engle va boshqalar fundamental asos yaratgan. Zamonaviy usullar, masalan, mashinaviy o'qitish, vaqtli qatorlar tahlilining dolzarbligini yanada oshiradi.

Adabiyotlar sharhi.

Vaqtli qatorlar tahlili zamonaviy iqtisodiyotda muhim ahamiyatga ega bo'lib, iqtisodiy ko'rsatkichlarning vaqt o'tishi bilan o'zgarishini tahlil qilish va kelajakdagi tendensiyalarni bashorat qilish uchun keng qo'llaniladi.

Vaqtli qatorlar tahlilida eng muhim asoslardan biri sifatida Box-Jenkins metodologiyasi (ARIMA modellar) keng tan olinadi. Ularning "Time Series Analysis: Forecasting and Control" asarida taqdim etilgan usullari chiziqli bo'lmagan vaqtli qatorlarni modellashtirishda muhim

qadam bo'ldi. Ularning fikricha, ARIMA modellar stasionar va nostatsionar qatorlarni tahlil qilishda samarali bo'lib, bashoratlarning aniqligini oshirishda katta ahamiyatga ega.

Kliv Granger o'zining "Some Properties of Time Series Data and Their Use in Econometric Model Specification" maqolasida vaqtli qatorlarning sabab-oqibat munosabatlarini o'rganishda Granger sabablik testini taklif qildi. Bu usul iqtisodiy ko'rsatkichlar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni aniqlashda keng qo'llaniladi.

Jeyms Hamiltonning "Time Series Analysis" kitobi vaqtli qatorlar tahlilida zamonaviy yondashuvlarni umumlashtiradi. U chiziqli bo'lmagan modellar, xususan, rejim o'zgarishi (regime-switching) modellarini iqtisodiy sikllarni tahlil qilishda qo'llashni taklif qildi. Hamiltonning fikricha, iqtisodiy ko'rsatkichlarning chiziqli bo'lmagan xususiyatlari tahlilda murakkab matematik modellar talab qiladi.

Robert Engle va Kliv Grangerning kointegratsiya tahlili bo'yicha ishlari iqtisodiy vaqtli qatorlarning uzoq muddatli muvozanat munosabatlarini aniqlashda katta ahamiyatga ega. Ularning "Co-integration and Error Correction" maqolasida keltirilgan usullar iqtisodiy ko'rsatkichlar o'rtasidagi uzoq muddatli bog'liqlikni tahlil qilishda keng qo'llaniladi. Ularning "A Test for Independence Based on the Correlation Dimension" maqolasida vaqtli qatorlarning chiziqli bo'lmagan dinamikasini tahlil qilish uchun xaotik tahlil usullari taklif etilgan. Bu usullar iqtisodiy tizimlarda murakkab va oldindan aytib bo'lmaydigan xatti-harakatlarni aniqlashda foydalidir.

Ruey Tsayning (2010) "Analysis of Financial Time Series" kitobida moliyaviy vaqtli qatorlarni tahlil qilishda GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) modellar kabi chiziqli bo'lmagan usullar muhokama qilinadi. Tsayning ta'kidlashicha, moliyaviy bozorlardagi o'zgaruvchanlikni modellashtirishda bu usullar muhim ahamiyatga ega.

Vaqtli qatorlar tahlili iqtisodiyotda tendensiyalarni aniqlash, bashorat qilish va murakkab dinamikani tushunish uchun muhim vositadir. Box-Jenkins (2015), Granger (1981), Hamilton (1994), Engle va boshqa (1987) olimlarning ishlari ushbu sohada fundamental asos yaratgan bo'lsa, zamonaviy usullar, masalan, mashinaviy o'qitish va bayesiy tahlil, sohani yanada rivojlantirmoqda. Ushbu tadqiqotlar iqtisodiy ko'rsatkichlarning chiziqli bo'lmagan xususiyatlarini tahlil qilishda keng imkoniyatlar ochadi.

Metodologiya.

Agar vaqtli qator aniq chiziqli modelga mos kelmasa, quyidagi chiziqsiz trend modellaridan biri qo'llaniladi:

a) Eksponensial trend

Ba'zi iqtisodiy jarayonlar tez o'sish yoki kamayish tendensiyasiga ega bo'lib, ularni eksponensial tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$Y_t = ae^{bt} \quad (1.1)$$

bu yerda: a -boshlang'ich qiymat, b - o'sish yoki kamayish darajasi, t -vaqt,

$e = (2.718)$ - tabiiy logarifm asosi

Qo'llanilishi: aholi sonining o'sishida, inflatsiya darajasi, narxlarning o'sish modeli sohalarida bajariiladi.

b) Logarifmik trend

Agar vaqtli qator tez o'sib, keyinchalik barqarorlashsa, u holda logarifmik model qo'llaniladi:

$$Y_t = a + b \ln(t) \quad (1.2)$$

bu yerda: $\ln(t)$ - tabiiy logarifm, a, b - parametrlar

Qo'llanilishi: daromad va iste'mol o'rtasidagi bog'liqlik, yangi texnologiyalarni qabul qilish tezligi sohalarida bajariiladi.

c) Polinomial trend

Agar vaqti qator murakkab tebranishlarga ega bo'lsa, u n-darajali polinom orqali ifodalanishi mumkin:

$$Y_t = a + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3 + \dots + b_nt^n \tag{1.3}$$

Qo'llanilishi: Birja indeksleri, ishsizlik darajasining dinamikasi, iqtisodiy o'sish prognozi, matematik modellash va jadval sohalarida bajariladi (Granger, 1981).

Misol: Oylik iqtisodiy ko'rsatkichlar ma'lum bir o'zgaruvchining besh oy davomida o'zgarishini qiymatlari quydagi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

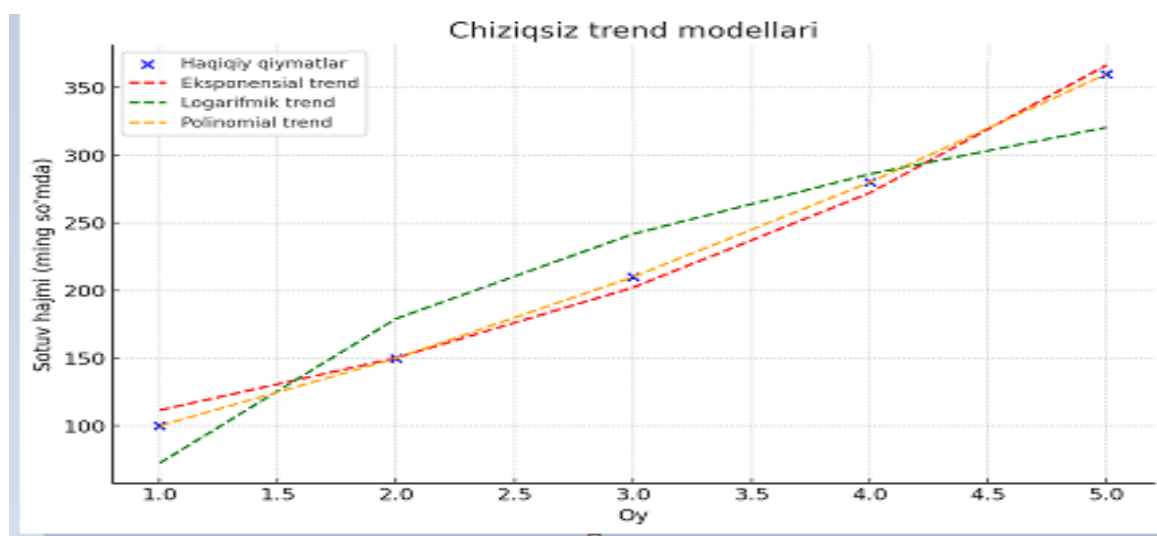
Iqtisodiy ko'rsatkichlar o'zgarish parametrlari

Oy	t	Sotuv hajmi Y	ln (t)	t ²	e ^t
Yanvar	1	100	0.000	1	2.718
Fevral	2	150	0.693	4	7.389
Mart	3	210	1.099	9	20.085
Aprel	4	280	1.386	16	54.598
May	5	360	1.609	25	148.413

Yuqoridagi jadvaldan foydalanib, 2-rasmda har bir trend modeliga mos keluvchi tenglamalar parametrlari.

No	Haqiqiy Y	Eksponensial Y	Logarifmik Y	Polinomial Y
1	100	111.583706006	72.42242261034	100.0
2	150	150.212935735	179.2560081050	150.0
3	210	202.215241541	241.7496494369	210.0
4	280	272.220256608	286.00959359	280.0
5	360	366.460349591	320.48232624797	360.0

Iqtisodiy ko'rsatkichlar o'zgarish parametrlaridan kelib chiqib chiziqsiz trend modellari qo'llanilishi 1-rasmda keltirib o'tilgan.



1-rasm. Chiziqsiz trend modellari iqtisodiy ko'rsatkichlar o'zgarish parametrlari

Yuqoridagi jadval va grafikda kelib chiqib quydagi natijalarga ega bo'lish mumkin:

1. Moviy nuqtalar - haqiqiy vaqtli qator qiymatlari (sotuv hajmi).
2. Qizil chiziq (eksponensial model) - ma'lumotlar eksponensial o'sishga ega bo'lsa ishlatiladi.
3. Yashil chiziq (logarifmik model) - dastlab tez o'sib, keyin sekinlashadigan jarayonlarni ifodalaydi.

4. Sariq chiziq (polinomial model) - vaqtli qatorning murakkab dinamikasini aniqlaydi.

Ushbu modellardan qaysi biri yaxshiroq mos tushishini xatolik baholash orqali tekshirish mumkin. Agar sizga MSE (Mean Squared Error) yoki boshqa baholash mezonlari bo'yicha taqqoslash kerak bo'lsa, aytishingiz mumkin (Hamilton, 1994).

Tahlil va natijalar muhokamasi.

Vaqtli qatorlarni tekislash (smoothing) — vaqt seriyalaridagi tasodifiy o'zgarishlarni kamaytirish va asosiy tendensiyalarni (trendni) aniqroq ko'rish uchun qo'llaniladigan usuldir. Tekislash usullari quyidagilarga bo'linadi:

- a. Harakatlanuvchi o'rtacha (Moving Average, MA)
- b. Eksponensial tekislash (Exponential Smoothing, ES)
- c. Holt-Winters modeli
- d. Harakatlanuvchi o'rtacha (Moving Average)

Bu usulda vaqtli qatorning har bir nuqtasi uchun ma'lum bir oraliqdagi o'rtacha qiymat olinadi. Oddiy 3 oraliqli harakatlanuvchi o'rtacha formulasi:

$$Y'_t = \frac{Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1}}{3} \quad (1.4)$$

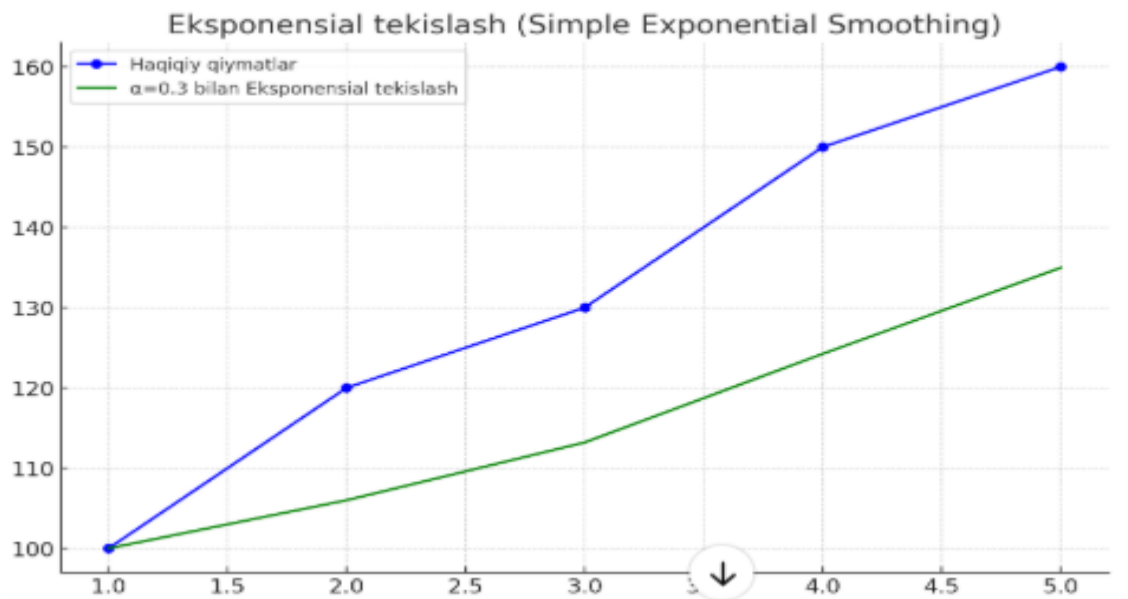
Quyidagi 2-rasmda vaqtli qatorlarni tekislash sxemasi keltirib o'tilgan:



2-rasm. Vaqtli qatorlarni tekislashda harakatlanuvchi o'rtacha

Ko'rinib turibdiki, harakathanuvchi o'rtacha yordamida vaqti qator tekislangan va o'zgaruvchanlik kamaygan. Endi eksponensial tekislash usulini ham qo'llash mumkin (Engle, & Granger, 1987).

Eksponensial Tekislash usuli (Simple Exponential Smoothing).



3-rasm. Vaqtli qatorlarni tekislash sxemasi

Yuqoridagi jadval va grafikda eksponezial tekislashdan kelib chiqib quydagi natijalarga ega bo'lish mumkin:

1. Moviy nuqtalar va chiziq - haqiqiy vaqtii qator (sotuv hajmi).
2. Yashil chiziq - eksponezial tekislash ($\alpha = 0.3$) yordamida olingan natijalar.

Eksponezial tekislash harakatlanuvchi o'rtachaga qaraganda tezroq yangi ma'lumotlarga moslashadi.

Xulosa va takliflar.

Vaqtli qatorlarni chiziqsiz shaklda tahlil qilish iqtisodiy jarayonlarning chuqurroq tahlilini ta'minlaydi. Har bir iqtisodiy ko'rsatkich o'ziga xos trendga ega bo'lganligi sababli, mos trend modelini tanlash muhim ahamiyatga ega. Eksponezial, logarifmik yoki polinomial regressiya modellari yordamida bu jarayonlar aniq ifodalanadi. Regressiya orqali aniqlangan tenglamalar yordamida ishonchli bashoratlar tuzish va qaror qabul qilish mumkin.

Adabiyotlar/Jumepamyra/Reference:

Bollerslev, T. (1986). *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307–327.

Box, G. E. P., Jenkins, G. M., & Reinsel, G. C. (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control (5th ed.)*. Wiley, 712 p.

Brock, W. A., Dechert, W. D., & Scheinkman, J. A. *A Test for Independence Based on the Correlation Dimension*. – *Econometric Reviews*, 1996. – 197–235 b.

Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987) *Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing*. – *Econometrica*, – 251–276 b.

Granger, C. W. J. (1981) *Some Properties of Time Series Data and Their Use in Econometric Model Specification*. – *Journal of Econometrics*, – 121–130 b.

Gujarati, D. N. (2009) *Basic Econometrics*. – 5th Edition. – McGraw-Hill,. – 924 p.

Hamilton, J. D. (1994) *Time Series Analysis*. – Princeton University Press, – 799 b.

To'xtasinov Sh.T. (2020) *Statistika va iqtisodiy tahlil*. – Toshkent: Fan, – 320 b.

Tsay, R. S. (2010) *Analysis of Financial Time Series*. – 3rd Edition. – Wiley, – 720 b.

Tursunov, B. X. (2017) *Iqtisodiy jarayonlarni modellashtirish*. – Toshkent: Iqtisodiyot, – 280.